



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 457 358 A2**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 91108102.4

51 Int. Cl.⁵: **B21D 22/14**

22 Anmeldetag: 17.05.91

30 Priorität: 18.05.90 DE 4016097

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.11.91 Patentblatt 91/47

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

71 Anmelder: ZEPPELIN-Metallwerke GmbH
Postfach 25 40
W-7990 Friedrichshafen 1(DE)

72 Erfinder: Sieger, Erich
Ellenbergweg 4

W-7990 Friedrichshafen(DE)
Erfinder: Müller-Wiesner, Detlef, Dr.
Bungerlede 18
W-2833 Harpstedt(DE)
Erfinder: Schnellbügel, Michael
Arnold Böcklin Strasse 24
W-7696 Meckenbeuren(DE)

74 Vertreter: Patentanwälte Grünecker,
Kinkeldey, Stockmair & Partner
Maximilianstrasse 58
W-8000 München 22(DE)

54 Verfahren und Vorrichtung zum Metalleindrücken.

57 Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Metalleindrücken eines Rohlings zu einem gewölbten Formteil, insbesondere einem Behälterboden, beschrieben, mit dem auch schwerer verformbare Materialien maßgenau und/oder mit hohen Verformungsgraden verformt werden können. Zu diesem

Zweck wird vorgeschlagen, den Rohling umfangsseitig einzuspannen und mit Hilfe eines bewegungsge-
steuerten Drückwerkzeuges (3) frei, d. h. ohne Ver-
wendung eines Drückfutters, bis auf Endmaß in ei-
nen Freiraum (4) hinein auszuwölben.

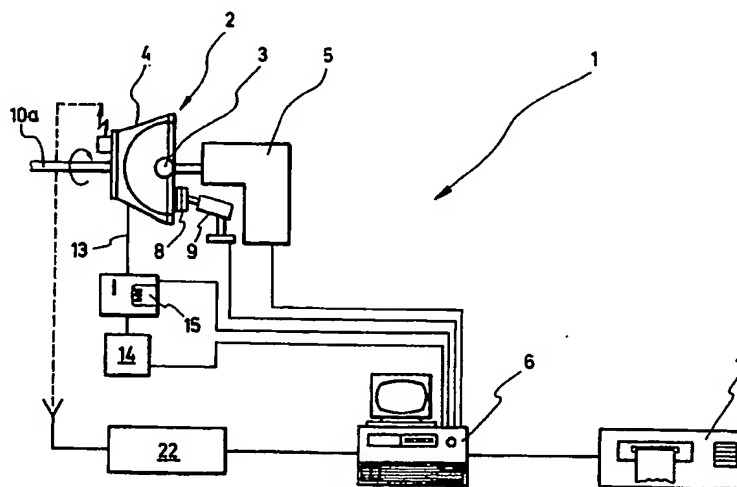


FIG.1

EP 0 457 358 A2

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Metalldrücken eines Rohlings zu einem gewölbten Formteil, insbesondere einem Behälterboden.

Beim Metalldrücken wird ein als Blechrolle oder Vorform vorliegender Rohling in Drehung versetzt und durch ein herangeführtes und vorgeschobenes Drückwerkzeug in das gewünschte, rotationssymmetrische Formteil gebracht. Ein Überblick über bekannte Drückverfahren ist in BLECH-ROHRE-PROFILE 28 (1981) 11, Seiten 514 bis 517 enthalten. Bei den bekannten Drückverfahren wird der Rohling mittig in einem Drückfutter festgespannt, dessen äußere Kontur der Innenkontur des gewünschten Formteiles entspricht. Das Drückwerkzeug in Form einer Drückrolle folgt hingegen der Außenkontur des gewünschten Formteiles, so daß der Rohling zwischen der Drückrolle und dem Drückfutter geformt werden kann. Es ist weiterhin bekannt, in ein Innen-Drückfutter zu drücken, dessen Innenkontur der Außenkontur des Formteiles entspricht. Bei modernen Drückvorrichtungen wird die Drückrolle entweder über Kopierschablonen oder über eine NC-Steuerung bewegungsgesteuert. Obwohl mit den bekannten Drückverfahren bereits schwierig zu verformende Werkstoffe gedrückt werden konnten, stoßen die bekannten Verfahren an ihre Grenzen, wenn es um die Verformung höherfester Werkstoffe zu Formteilen mit unterschiedlichen Wandstärken und/oder hohen Anforderungen an die Maßgenauigkeit geht. Werkstoffe höherer Festigkeit neigen beim Drücken zum Rückfedern, so daß sie nur unter großen Schwierigkeiten maßgenau über einem Drückfutter geformt werden können. Zwar sind Drückfutter relativ einfach zu fertigende Teile, ihre Anfertigungskosten schlagen sich jedoch insbesondere dann merkbar auf die Kosten des Formteiles nieder, wenn nur eine geringe Stückzahl der Formteile gefertigt werden soll. Wird zur Verbesserung der Verformbarkeit der Werkstoff vor einer festigkeitssteigernden Wärmebehandlung gedrückt, so kann es während der nachfolgenden Wärmebehandlung, insbesondere bei Formteilen mit sich verändernder Wandstärke, zu Maßabweichungen und insbesondere zu Inhomogenitäten im Übergangsbereich zwischen den unterschiedlichen Wandstärkenbereichen kommen, die für Präzisions-Formteile, wie beispielsweise Böden von Treibstofftanks für die Raumfahrt, nicht akzeptabel sind.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum kostengünstigen und maßgenauen Drücken von Formteilen insbesondere aus schwer verformbaren Materialien aufzuzeigen.

Die Aufgabe wird bei einem Verfahren durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, d. h. einer Bewegungssteuerung des Drückwerkzeuges mit kontrollierter Kraft und kontrolliertem Weg entlang der Innenkontur des Formteiles in Verbindung mit dem Drücken in einen Freiraum bis auf Endmaß können beispielsweise von Formteil zu Formteil unterschiedliche Rückfedereigenschaften ausgeglichen werden, ohne daß beispielsweise ein Drückfutter maßlich verändert werden muß. Da gänzlich ohne Drückfutter gearbeitet wird, können auch Einzelanfertigungen von Formteilen auf kostengünstige Weise gefertigt werden, wobei lediglich die Bewegungssteuerung der Drückwerkzeuge verändert werden muß.

Von besonderem Vorteil ist das Drücken gemäß Anspruch 2 unter erhöhter Arbeitstemperatur, die jedoch unter der Warmumformungstemperatur bzw. unterhalb der Rekristallisationsschwelle für den verarbeiteten Werkstoff liegt, durchzuführen. Es ist zwar bereits bekannt, beim Streckdrücken zur Verminderung der Wandstärke, bei dem ein Drückfutter und eine der Außenkontur des Formteiles folgende Drückrolle verwendet wird, unter erhöhter Arbeitstemperatur zu arbeiten. Diese erhöhte Arbeitstemperatur wird jedoch lediglich durch ein bereichsweises Erwärmen des Formteiles mit Hilfe einer Gasflamme zu dem Zweck durchgeführt, die Zugfestigkeit des Werkstoffes zu verringern und die Kaltverfestigung durch die Umformung zu reduzieren. Ein solches Vorgehen führt jedoch zu Spannungen und Inhomogenitäten im fertigen Formteil. Durch die erfindungsgemäße, zweistufige Aufheizung, bei der der gesamte Rohling auf einer konstanten, erhöhten, jedoch unter Arbeitstemperatur liegenden Temperatur gehalten und nur bereichsweise weiter bis auf Arbeitstemperatur weiter erhitzt wird, wird das Auftreten von Spannungen und die Fixierung von Inhomogenitäten im Werkstoff mit Sicherheit verhindert. Die Maßnahmen nach Anspruch 2 sind besonders dann zweckmäßig, wenn das Formteil frei über Luft geformt wird, sie können jedoch auch bei konventionellen Drückverfahren eingesetzt werden.

Die Maßnahmen der Ansprüche 3 und 4 bewirken ein besonders gleichmäßiges Aufheizen in beiden Aufheizstufen, so daß örtliche Überhitzungen nach Möglichkeit ausgeschlossen werden können.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders zur Verarbeitung warm auslagerbarer Werkstoffe, wie beispielsweise höherfester Aluminiumlegierungen oder dergleichen, zu verwenden. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, eine derartige Legierung nach einem ersten festigkeitssteigernden Behandlungsverfahren, beispielsweise im gereckten und kalt ausgelagerten Zustand, zu verarbeiten, in dem derartige Legierungen normalerweise nur noch geringe Verformungsgrade zulassen. Mit dem erfindungsgemäßen Ver-

fahren und beim Arbeiten innerhalb der Warmauslagerungstemperatur können jedoch Verformungsgrade über 70 bis nahezu 100 Prozent mit hoher Maß- und Formgenauigkeit erzielt werden. Dabei wird die Arbeitstemperatur derart auf die Warmauslagerungskurve des bestimmten Werkstoffes abgestellt, daß die optimale Festigkeitssteigerung innerhalb des zum Drücken benötigten Zeitraumes noch nicht erreicht wird. Auf diese Weise ist es möglich, das gesamte Formteil, d. h. einschließlich der nicht gedrückten Umfangsbereiche nahe der Spanneinrichtung, anschließend einer weiteren Auslagerung bis zur optimalen Festigkeitssteigerung zu unterwerfen. Werden die Randbereiche des Formteiles verworfen, ist es jedoch auch möglich, die Arbeitstemperatur während des Drückens derart auf die zum Drücken erforderliche Zeitdauer abzustimmen, daß der Drückvorrichtung ein fertig ausgelagertes Formteil mit optimaler Festigkeit entnommen werden kann.

Die Aufgabe wird bei einer Vorrichtung durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 6 gelöst.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist besonders einfach aufgebaut und erfordert lediglich eine Veränderung der Bewegungssteuerung des Druckwerkzeuges bzw. gegebenenfalls eine Veränderung der Spannweite der Spanneinrichtung, wenn von einem Formteil auf ein Formteil abweichender Gestalt umgestellt werden muß. Darüber hinaus kann bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ein spezielles Verformungsverhalten eines Werkstoffes wesentlich besser als bei Verwendung einer Druckform berücksichtigt werden.

Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere auch zum Arbeiten bei erhöhter Arbeitstemperatur, sind den Unteransprüchen 7 bis 13 zu entnehmen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Druckvorrichtung, und

Figur 2 eine herausvergrößerte Einzelheit aus Figur 1.

Aus Figur 1 ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 zum Metalldrücken ersichtlich. Die Vorrichtung 1 besteht aus der eigentlichen Druckeinrichtung 2 mit einer Druckrolle 3 und einer Formkammer 4. Die Druckrolle 3 ist in bekannter Weise über eine Pneumatikeinrichtung 5 bewegbar, wobei die für die spezielle Form und die Abmessungen des Formteiles und den verwendeten Werkstoff optimale Andrückkraft und der optimale Bewegungsweg der Druckrolle 3 von einem Computer 6 bestimmt und gesteuert werden. Der Computer 6 ist mit einem Plotter 7 verbunden.

Die Druckeinrichtung 2 enthält weiterhin eine

bereichsweise wirkende, tyristorgesteuerte Wärmequelle 8, die mit inkohärentem oder kohärentem Licht (Infrarot) arbeitet. Die Wärmequelle 8 ist über einen der üblichen Antriebe 9 bewegbar, wobei die Bewegung der Wärmequelle 8 vom Computer 6 derart gesteuert wird, daß die Wärmequelle 8 der Bewegung der Druckrolle 3 im wesentlichen vorläuft.

Wie auch in Verbindung mit Figur 2 ersichtlich, weist die Formkammer 4 eine hohle, kegelformförmige Wandung auf, die an einer Seite an einer Drehscheibe 10 befestigt ist, die durch eine Welle 10a in Drehung versetzt wird. An der der Druckrolle 3 zugewandten Vorderseite der Formkammer 4 ist eine Spanneinrichtung 11 befestigt, die zwei ringförmige Spannteile zum Einspannen des Umfangs eines Werkstückes aufweist. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist ein fertiges Formteil 12 in Form eines halbkugelförmigen Behälterbodens eingespannt. Das Formteil 12 wurde aus einem strichpunktiert gezeichneten Rohling 12' gefertigt, der entweder durch konventionelles Drücken oder durch andere, bekannte Maßnahmen vorgefertigt wurde. Die Spanneinrichtung 11 steht etwas in den Querschnitt der Formkammer 4 vor. Die Formkammer 4 ist darüber hinaus in axialer Richtung länger als die axiale Endtiefe des Formteiles 12, so daß das Formteil 12 frei, d. h. ohne Verwendung eines Druckfutters in den im Inneren der Formkammer 4 befindlichen Freiraum bis auf Endmaß hineingedrückt wird, wobei zwischen dem Rohling 12' und der Wandung der Formkammer 4 in allen Stadien des Druckvorganges ein Abstand verbleibt.

In der Nähe des mit der Drehscheibe verbundenen Endes der Formkammer 4 mündet eine Zufuhrleitung 13 für erwärmte Luft, die mit einem Gebläse 14 verbunden ist und eine Heizung 15 enthält. Die Zufuhrleitung 13 enthält einen feststehenden Verteilring 16, in dem sich eine mit der Formkammer 4 verbundene Flanschanordnung 17 drehen kann, die eine tangentiale Einleitung der Luft durch Mündungsöffnungen 18 bewirkt. Dabei wird die Luft in einer Richtung eingeleitet, die der Drehrichtung der Formkammer 4 entgegengesetzt ist, so daß sich im Inneren der Formkammer 4 Luftwirbel bilden. In der Nähe der Spanneinrichtung 11 sind in der Wandung der Formkammer 4 Luftaustrittsöffnungen 19 vorgesehen. Es ist ein hoher Luftdurchsatz vorgesehen, so daß sich die Temperatur der Luft durch die Erwärmung des Rohlings nicht wesentlich verringert. Darüber hinaus sorgt auch die gute Verwirbelung für ein gleichmäßiges Klima im Inneren der Formkammer, das den Rohling auf gleichmäßige Temperatur hält.

Zum Überwachen der Temperatur wurden auf dem Rohling vor seinem Einsetzen in die Spanneinrichtung 12 eine Mehrzahl von Temperaturfühlern 20 befestigt, die die gemessenen Daten an

einen auf der Drehscheibe 10 befestigten Telemetrierender 21 übertragen. Die Temperatursensoren sind Thermoelemente, die während des Drückens auf der der Drückrolle 3 abgewandten Oberfläche des Rohlings 12 verbleiben. Bevorzugt werden acht gleichmäßig über die Oberfläche des Rohlings 12' verteilt angeordnete Thermoelemente 20 verwendet. Die von ihnen ermittelten Daten werden vom Sender 21 drahtlos an einen Empfänger 22 (Figur 1) übermittelt, der sie dem Computer 6 weitergibt. Entsprechend der festgestellten Temperatur wird entweder die Wärmequelle 8, die Heizung 15 oder das Gebläse 14, oder alle gemeinsam, gesteuert. Die Arbeitstemperatur wird für jeden Werkstoff anhand seiner thermo-mechanischen Eigenschaften vorbestimmt und liegt unterhalb der Warmformungstemperatur bzw. der Rekristallisationsschwelle.

Zum Drücken eines halbkugelförmigen Behälterbodens aus einer höherfester Aluminiumlegierung wird zunächst aus einer kreisförmigen Ronde ein im wesentlichen hutförmiger Rohling 12' entweder durch ein bekanntes Drückverfahren unter Verwendung eines Drückfutters oder durch irgendein anderes geeignetes und bekanntes Verfahren vorgeformt. Der Rohling 12' wird danach an ausgewählten Stellen mit den Temperaturfühlern 20 versehen und mit seinem Umfang zwischen die Spannteile der Spanneinrichtung 11 derart eingespannt, daß die Vorform bereits etwas in die Formkammer hineinragt. Danach wird das Gebläse 14 und die Heizung 15 angestellt und erwärmte Luft solange in die Formkammer 4 geleitet, bis der Rohling 12' eine gleichmäßige Temperatur erreicht hat. Diese Temperatur liegt bei einer Aluminiumlegierung, deren maximale Auslagerungstemperatur etwa bei 180 Grad Celcius liegt, bei ca. 130 Grad Celcius. Dann wird bei rotierender Formkammer die Rolle 3 und die Quelle 8 herangeführt, wobei die Wärmequelle 8 bevorzugt so gesteuert wird, daß sie dem Arbeitsbereich der Rolle unmittelbar vorläuft. Die Wärmequelle 8 wird so gesteuert, daß sie die Teilbereiche unmittelbar vor dem Drücken auf 150 bis 175 Grad Celcius erwärmt. Die spezielle Temperatur der Teilbereiche kann entsprechend der gewünschten Verformung ausgewählt werden.

So ist es beispielsweise bei einem Drückverfahren, das in mehreren Stufen und gegebenenfalls unterschiedlichen Verformungsgraden durchgeführt wird, zweckmäßig, beispielsweise bei den ersten zwei Stufen mit 175 Grad Celcius und bei weiteren Stufen bei 150 bis 160 Grad zu arbeiten. Der erfindungsgemäße Umformprozeß beruht somit, ausgehend von den geometrischen Verhältnissen, der Kraftangriffsrichtung sowie den lokalen Reibungsverhältnissen im Kontaktbereich Rolle/Blech, auf einer Kombination von Biege-, Zug-, Druck- und Scherbeanspruchung und unterscheidet sich

insofern zumindest im letzten Verformungsschritt vom reinen Fließdrücken über ein Drückfutter. Nach Fertigstellen des Formteiles 12 wird dieses der Spanneinrichtung 11 entnommen und nach dem Ablösen der Thermoelemente einer weiteren mechanischen Bearbeitung bzw. einer weiteren Warmauslagerung unterworfen, bis die optimalen Festigkeitswerte erreicht sind.

In Abwandlung des beschriebenen und gezeichneten Ausführungsbeispiels kann für die bereichsweise arbeitende Wärmequelle auch eine Induktionsheizung oder eine andere, bekannte Wärmequelle verwendet werden. Voraussetzung ist jedoch, daß die Wärmequelle in der Lage ist, das Material voll durchzuwärmen, ohne daß die Oberfläche überhitzt wird. Gegebenenfalls können zwei oder noch mehr dieser Wärmequellen eingesetzt werden. An die Stelle der Computersteuerung kann eine Steuerung durch Kopierschablonen oder eine Mischung zwischen beiden Steuerungsarten treten. Das Verfahren, das Formteil ohne Verwendung eines Drückfutters in einen Freiraum hineinzudrücken, kann auch bei Raumtemperatur durchgeführt werden. Darüber hinaus ist es ebenfalls möglich, auch bei konventionellen Drückverfahren mit der beschriebenen, zweistufigen Aufheizung zu arbeiten. Die verwendeten Temperaturen können auf die verwendeten Werkstoffe und/oder auf die erwünschten thermischen Effekte abgestimmt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Metaldrücken eines Rohlings zu einem gewölbten Formteil, insbesondere einem Behälterboden, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rohling umfangsseitig eingespannt und bis auf Endmaß in einen Freiraum hineingewölbt wird.
2. Verfahren zum Metaldrücken eines Rohlings zu einem gewölbten Formteil, insbesondere nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** eine erhöhte, unterhalb der Rekristallisationsschwelle liegende Arbeitstemperatur beim Drücken durch ein zweistufiges Erwärmen des Rohlings, wobei im wesentlichen der gesamte Rohling auf eine erste, unter Arbeitstemperatur liegende Temperatur gebracht und gehalten wird und nur Teilbereiche des Rohlings vor dem Drücken auf Arbeitstemperatur gebracht werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rohling durch zirkulierende, erwärmte Luft auf die erste Temperatur gebracht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilbereiche durch inkohärentes oder kohärentes Licht (Infrarot) auf Arbeitstemperatur gebracht werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Drücken eines Rohlings aus einem warmauslagerbaren Werkstoff eine innerhalb des Warmauslagerbereichs liegende Arbeitstemperatur gewählt wird.
6. Vorrichtung zum Metalldrücken eines Rohlings zu einem gewölbten Formteil, insbesondere einem Behälterboden, mit einer Spanneinrichtung zum Einspannen des Rohlings und einem bewegungsgesteuerten Drückwerkzeug, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Spanneinrichtung (11) zum Einspannen des Umfangs des Rohlings (12') ausgebildet und vor einem Freiraum angeordnet ist, der größer ist als die Tiefe des Formteils (12) und daß das Formteil (12) durch konkaves Drücken in den Freiraum hinein bis auf Endmaß frei formbar ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Drücken unter erhöhter Arbeitstemperatur eine zweistufige Aufheiz- einrichtung (8, 15) vorgesehen ist, wobei in der ersten Aufheizstufe der Rohling (12') auf eine Temperatur unter Arbeitstemperatur und in der zweiten Arbeitsstufe ein ausgewählter Teilbereich des Rohlings (12') vor dem Eingriff mit dem Drückwerkzeug (3) auf Arbeitstemperatur erwärmbar ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine den Freiraum enthaltende Formkammer (4) vorgesehen ist, in die eine Zufuhrleitung (13) zum Zuführen erwärmter Luft einmündet.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zufuhrleitung (13) tangential zum Formteil (12) einmündet.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zufuhr- leitung am der Spanneinrichtung (11) abge- wandten Ende der Formkammer (4) einmün- det, und daß nahe der Spanneinrichtung (11) ein Luftauslaß (19) aus der Formkammer (4) vorgesehen ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum be- reichsweisen Erwärmen des Rohlings (12') eine mit dem Drückwerkzeug (3) bewegungs-
- gekoppelte Wärmequelle (8) vorgesehen ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch ge- kennzeichnet**, daß die Wärmequelle (8) eine Quelle für inkohärentes bzw. kohärentes Licht (Infrarot) ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Über- wachen der Temperatur des Rohlings (12') we- nigstens ein Temperaturfühler (20) vorgesehen ist.

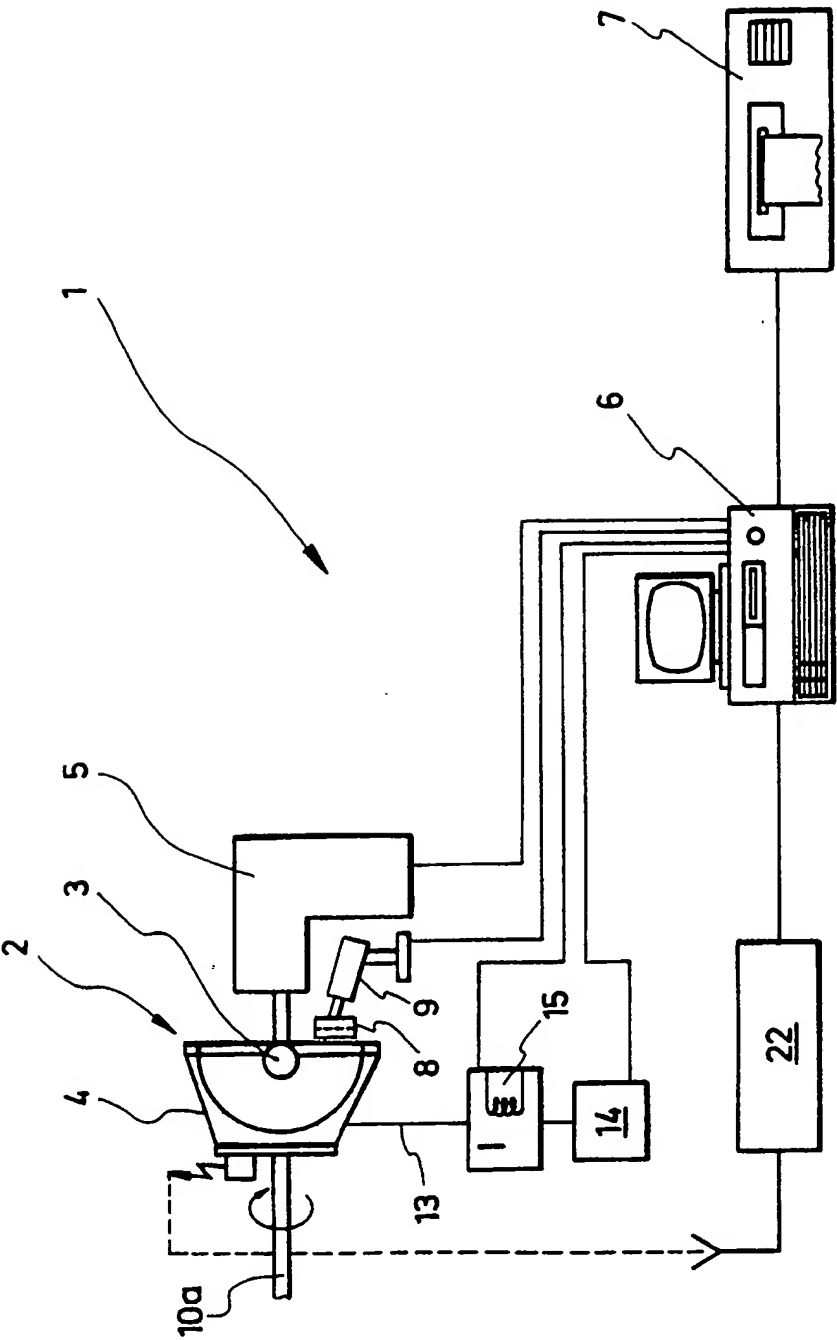


FIG.1

